入間川水質監視室の電気伝導度モニターの挙動について

Research for the Behavior of Electroconductivity Monitor in the Iruma River Monitoring Site

河川水質科　杉崎三男　丸山由喜雄

要　旨

入間川火質監視室に電気伝導度モニターを設置したので，その精度・応答性の調査及び採水部のストレーナー周辺の水域調査を実施した。電気伝導度モニターの精度試験は，塩化カリウム標準溶液を用いて行った。その結果，電気伝導度モニターの精度は十分であることがわかった。電気伝導度モニターの応答性を調べるために，塩化ナトリウム，塩化カリウム溶液をストレーナーから投入して検討を行ったところ，モニター検出器の検水の交換速度が遅いので，その応答性はあまり鋭敏ではないが，若干の改良により改善することができた。また，あわせて，水質監視室の上・下流域の周辺調査を実施したところ，上流の川越・狭山工業団地排水と護岸工事濁水は，採水部のストレーナーが設置されている地点では，河川水と均一に混合されず，入間川に合流した後900ｍのところで均一に混合されていることかわかった。また，川越狭山工業団地排水は，負荷量からみても水域に与える影響は大きい。さらに，入間川監視室の電気伝導度の変動をみると，平日で午前10時頃から増加し，午後10時頃から減少する傾向かあり，日曜・祭日では，変動が少なく，その周期性について時系列データから自己相関係数を求めた結果，日・週の周期を持つことが明らかとなった。

1　はじめに

入間川は，水道水源の一つである荒川の支川であり，入間郡名栗村に源を発し，飯能市で成木川，狭山市で霞川を合わせ，川越市で荒川に合流する。その全長は約67km，流域面積は約265km²である。（図１－(a)）

埼玉県の公共用水域水質測定計画では，入間川については４地点，その支川の２地点で定期採水分析を行うこととしている[1),2)]。　また，これとは別に荒川合流点から約13km上流に連続的な水質常時監視を目的として，昭和50年３月に入間川水質監視室を設置し，全シアン（T−CN），６価クロム（Cr^{6+}）油分，pH，溶存酸素（DO），濁度の７項目について測定を行ってきたが，昭和57年度に測定項目に電気伝導度（EC）を追加した。

本研究は，このECモニターの精度・応答性の調査及び入間川のECの変動についての調査並びに水質監視室の周辺水域調査を行ったものである。
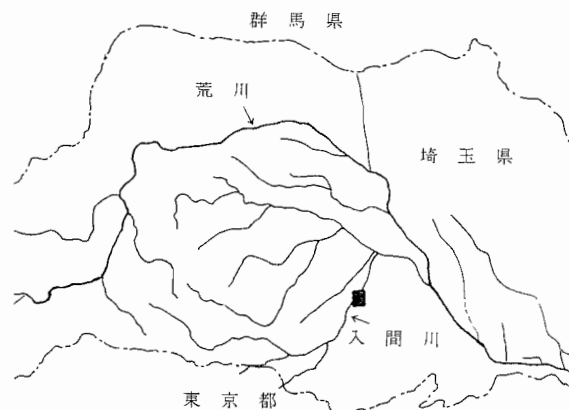
図１－(a)　荒川水系図
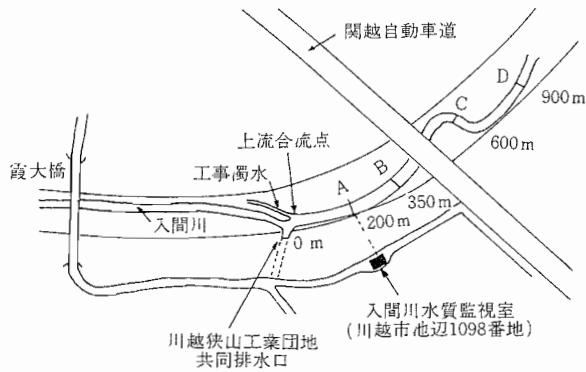
図1―(b)　入間川水質監視室周辺

2　入間川水質監視室の概要

入間川監視室（以下，「監視室」という。）は，川越市大字池辺1098番地にあり，図1―(b)に示すように，霞大橋と入間川大橋の間のところに位置している。採水部のストレーナー上流約200mに川越・狭山工業団地共同排水が右岸から流入している。検水の採水は右岸から1～1.5m離れたところに設けられたストレーナーから行われ，水中ポンプピットを経由し，監視室へ送られ、主調整槽からCr^{6+}，T―CN，油分，濁度の各測定器とDO，水温，EC，pHの検出器のある検出槽に分配される。主調整槽・検出槽は8時間間隔で水道水によるジェット洗浄が行われる[3)]。機器の較正・保守はメンテナンス会社により週1回行われる。

2・1　ECモニター

ECモニターの検出器の外姿図を図2に示す。材質はジュラコン・ステンレスである。測定方法は交流二極法を用い，それを演算増幅し，温度補償回路により25℃のEC値を出力する。
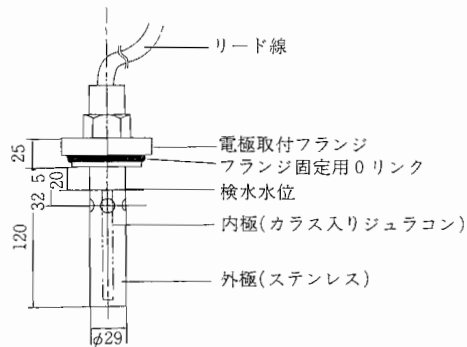
図2　電気伝導度モニターの検出器外姿図

2・2　Cr^{6+}モニター

Cr^{6+}モニターは検水を硫酸酸性として，540nmの吸光度(A_1)をあらかじめ測定し，その後ジフェニルカルバジドを添加し540nmの吸光度(A_2)を測定して，A_2-A_1の値を濃度変換し記録する。

2・3　T―CNモニター

T―CNモニターは検水を硫酸酸性とし，過マンガン酸カリウム，シュウ酸ナトリウム添加後蒸留し，水酸化ナトリウムで捕集し，CN電極で測定し記録する。

3　監視室周辺の水域調査

監視室のストレーナーの上流・下流について昭和58年2月7日に水質調査を行なった。その地点を図1―(b)に示す。

上流の共同排水，入間川河川水及び工事濁水（調査時，入間川左岸の護岸工事により濁水が流入していた。）が合流する地点を，上流合流点とし，この上流合流点より下流約200m，350m，600m，900mをそれぞれA，B，C，D地点とする。上流合流点では，それぞれについて採水と流量測定を行い，A，B，C，D地点では河川の横断方向に一定間隔で4点の採水と点流量測定を行った。その結果を表1―(a)，(b)に示す。

表1―(a)，(b)にそれぞれ測定結果，部分負荷量及びその地点での比率(%)を示した。また，地点の数字は，右岸からの番号を示す。

表1―(b)から，共同排水は上流合流点の負荷量の合計のうち，COD，Cl^-，T―N，T―Pについてそれぞれ65%，41%，36%，60%を占めているので，その水域にかなり大きな影響を与えていることがわかる。

上流合流点から約900m下流のD地点の各点の分析結果はほとんど同じであることから，河川水と共同排水が均一に混合されていることがわかる。また，D地点の負荷量は，上流合流点と比べると，流量は変化しないにもかかわらずCOD，Cl^-，T―N，T―Pについてそれぞれ約59%，80%，82%，72%に減少している。

A地点では各項目の測定結果は，右岸のA―1から左岸のA―4に移動するに従って減少している。監視室のストレーナーが設置されているA―1のEC，COD，Cl^-，T―N，T―Pの測定値はA地点の平均値に比べてそれぞれ1 11，1 52，1.24，1.25，1.48倍となっている。このことから監視室の検水は共同排水の影響を大きく受けていることかわかる。

また，B，C地点の各点の測定結果に差かあるので，

これらの地点の河川水は混合の過度的状態にあると思われる。

4　ECモニターの精度・応答性について

4・1　ECモニターの精度について

ECモニターの精度試験は，2台の卓上用EC計（CM−30ET，CM−2A型〔東亜電波㈱製〕を用いて行った。

CM−30ET型はECモニターと同様の測定方法で，演算増幅法を用い，自動的に温度補償し25℃のEC値を表示する。CM−2A型は交流ブリッジを用いた零位法で測定し，手動で温度補償つまみにより25℃におけるEC値を表示する。

使用した試験溶液は，塩化カリウム溶液であって，その濃度は2/1000N，4/1000Nであった。その濃度での25℃における理論値はそれぞれ294, 588 μS/cmである。

表1(a)　入間川水質監視室の水域周辺調査結果

	水温 (℃)	pH	EC (μS/cm)	COD (mg/ℓ)	Cl⁻ (mg/ℓ)	T−N (mg/ℓ)	T−P (mg/ℓ)	FLOW (m³/s)
共同排水口	14 8	6.85	736 0	51.7	88.1	18.1	3.490	0.211
入間川	9.4	7 53	381.0	7.2	30.4	7.8	0.613	0.754
工事濁水	7.6	7.01	399 0	3.3	30.6	5.7	0.227	0 113
A−1	10 1	7.45	436.5	14.4	42.8	10.2	1·210	0 509
A−2	9.3	7.51	392.0	9.6	34.6	8.5	0.831	0.450
A−3	8.6	7 35	379 0	7.3	30 9	7.2	0.601	0.158
A−4	8.5	7.19	362.0	6.4	29.7	6.7	0.588	0.051
B−1	10.0	7 22	432 5	15.9	4.3	10.4	1 260	0 184
B−2	9.8	7 40	428.0	16.2	41.0	9.4	1 320	0 349
B−3	9 3	7 40	399.0	10.2	36.1	9 1	0.882	0.344
B−4	8 8	7 24	368.0	8.9	30.1	7.0	1.040	0 182
C−1	9 0	7 28	396.0	10.2	35.1	8 4	0·882	0·257
C−2	8.8	7 14	363 0	10.1	35.1	8.7	0.933	0.377
C−3	8 6	7 08	415.5	10.2	33 7	8.6	1.020	0.328
C−4	8.5	7 34	387.0	9.1	32.6	7 9	0.780	0.226
D−1	9.0	7.23	393 0	9.2	35 4	8 3	0·800	0·296
D−2	9.0	7 48	397 5	9.9	34 8	8.4	0.882	0.313
D−3	9.1	7 48	392 5	9.8	34.7	8.2	0.850	0 264
D−4	9 1	7.57	388 5	9.0	33.9	8.1	0.799	0 158

表1(b)　周辺調査結果をもとに求めた負荷量表　　（　）は%

	COD, g/s	Cl⁻, g/s	T−P, g/s	T−P, g/s	FLOW, m³/s
共同排水口	10.92(65 2)	18 5(41 2)	3.81(36.8)	0·736(60.2)	0·211(19.6)
入間川	5 44(32.5)	22 9(51 0)	5 88(56.8)	0 462(37.7)	0·754(69.9)
工事濁水	0.37(2.2)	3.5(7.6)	0.64(6.4)	0 020(2.1)	0 111(10.5)
TOTAL	16.73	44 9	10.33	1·218	1 078
A−1	7 36(55.7)	21 7(49.8)	5.19(52.6)	0 618(47.3)	0 509(43 5)
A−2	4 32(32.7)	15 5(35.6)	3 18(32.2)	0 373(28.6)	0 450(38.5)
A−3	1.15(8.7)	4 8(11 0)	1 13(11.4)	0 094(7.3)	0.158(13.5)
A−4	0 37(2.4)	1.5(3.4)	0.36(3.6)	0.030(2.3)	0.051(4.3)
TOTAL	13.2	43.5	9 86	1.115	1.168
B−1	2.98(21.2)	8.3(19.9)	1 92(19.2)	0 236(19.1)	0.187(17.5)
B−2	5.67(40 3)	14.3(34.5)	3.28(32.8)	0.461(37.4)	0.349(32.8)
B−3	3.58(25.1)	12.4(29.7)	3 18(31.3)	0 303(24.8)	0.344(32.3)
B−4	1 87(13 3)	6 6(15.7)	1 65(16.5)	0.160(13.0)	0.182(17.1)
TOTAL	14 10	41 6	10.03	1 160	1.062
C−1	2 04(17 3)	9.0(22.1)	2.33(22.1)	0 236(21.6)	0.257(21.6)
C−2	3 34(28.3)	13 2(32.5)	3 27(32.4)	0.351(31.8)	0 377(31.7)
C−3	3 81(32.3)	11 1(27.1)	2.82(28.0)	0 337(30.5)	0 328(27 5)
C−4	2 59(21.9)	7 4(18 1)	1.75(17 3)	0.176(15.9)	0.226(19.0)
TOTAL	11 78	40.7	10 17	1.100	1 188
D−1	2 71(27.2)	10.4(29.0)	2 45(28 7)	0.249(28.1)	0 296(28 6)
D−2	3.11(31.3)	10 9(30 2)	2.62(30.7)	0.276(31.2)	0.313(30 3)
D−3	2 57(25.9)	9 2(25.4)	2.16(25.3)	0.224(25.3)	0 264(25.5)
D−4	1.54(15.4)	5.5(15.2)	1 29(15.1)	0 134(15.1)	0 158(15.3)
TOTAL	9 93	35.9	8.52	0.883	1.031

表2　ECモニターの精度試験

〔単位：μS／cm〕

	KCl STD.（2／1000N）			KCl STD.（4／1000N）		
	CM−30ET	CM−2A	Monitor	CM−30ET	CM−2A	Monitor
2月21日	304	324	300	604	627	600
1月29日	296	301	301	591	601	606
2月10日	298	331	292	597	643	592
2月18日	305	319	300	602	625	599
2月24日	302	338	299	598	651	598
3月 4日	300	334	286	594	624	569
3月25日	298	312	306	594	633	615
4月 2日	298	309	290	590	609	597
4月11日	296	320	296	586	628	592
4月18日	297	313	299	588	612	598
5月 6日	296	314	290	583	612	576
5月10日	295	422	296	585	619	588
5月27日	296	306	304	585	620	607
6月13日	295	296	301	584	580	598
6月22日	293	298	297	580	581	590
7月 1日	292	288	293	582	572	590
7月 8日	294	301	298	583	601	593
7月15日	293	303	297	582	592	590
7月22日	294	306	299	582	609	592
7月29日	294	302	299	581	594	594
8月 6日	294	302	302	581	604	600
8月 9日	293	317	302	581	618	599
平均値	296 5	311.6	297.5	587.8	611.5	594 6
標準偏差	3 48	12.51	4 88	7.15	20.11	9.68
変動係数(%)	1.17	4.01	1 64	1.22	3.28	1.62

表2に昭和58年1月21日から8月9日までのCM−30ET，CM−2A及びECモニターの測定結果を示す。

表2からCM−30ET，ECモニター，CM−2　Aの順で変動係数が大きくなり，平均値も同様の順で理論値から離れることがわかる。

ECモニターの平均値と変動係数は2/1000 N，4/1000 N塩化カリウム標準溶液についてそれぞれ297 5μS/cm，1.64%，594.6μS/cm，1.62%である。したがってECモニターは十分な精度が得られる。

また，CM−2A型は，他の二機種と異なり自動温度補償機能を持たないので，操作上の測定誤差が含まれ他の機種より大きな変動係数になったものと思われる。

4・2　ECモニターの応答性について

入間川の河川内にあるストレーナーに塩化ナトリウム，塩化カリウム溶液を10分間隔で投入し，EC値が極大になる時間を測定し，河川から監視室の検出槽までの送水時間を求めた。

塩化ナトリウム，塩化カリウムとも500gを河川水約50ℓに溶かしたものを，10分間隔でストレーナーから投入した。ECモニターで得られたテータを，マルチ・ロギングメーター・AD5311〔A＆D㈱製〕で10秒間隔で記録した。

それと同時に，検出槽の空ポジションを利用して細管で1分間隔で採水を行った。その検体のEC測定を卓上用EC計で行った。
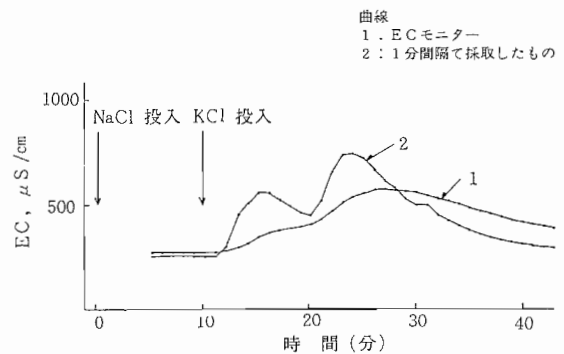
図3　モニターの応答性（昭和58年3月17日）

昭和58年3月17日と5月18日に実施したこれらの実験結果を図3，4に示す。3月17日の実験から塩化ナトリウム，塩化カリウム投入後，ECモニターでともに17〜18分後に，採取した検水で14，13分後に，EC値が極大に達した。
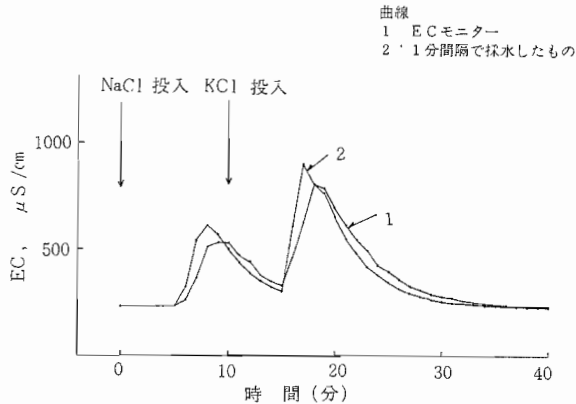
図4　モニターの応答性（昭和58年5月18日）

図3からECモニターで得られた値は採水したものよりも低く，また，2つの極大の分離も悪く，極大に達する時間も遅いことがわかった。これはECモニター検出器の検水の交換が悪いためと推定される。そこでECモニター検出器の検水の交換を良くするために，図2に示したECモニター検出器の上部の4つの丸い穴のうち，3つを塩化ビニルテープで塞ぎ，他の1つを水流方向に向けた。

その結果を図4に示す。塩化ナトリウム投入後，EC値が極大に達する時間は，ECモニターの場合は10分間で，1分間隔で採水した場合は9分間であった。塩化カリウムについても同様であった。また，図3と比べると，2つの極大の分離が良く，モニターで得られたEC値は採水によって得られた値に近いことがわかった。

これらの実験からECモニター検出器の検水の交換速度が遅いため低いEC値を指示し，ピークの分離が悪くなることが明らかとなった。このことからECモニターの検水の交換速度を増大させる工夫か必要である。

また，1分間隔で採取した検水の測定の結果から，河川から検出槽までの送水時間は9～14分であることがわかった。この時間は水中ポンプの調子やストレーナーの目づまり状態により変化するものと思われる。

5　入間川のECの変動

5・1　入間川のECの変動

監視室でのECの自動測定はマルチ・ロギングメータを用いて，10分間隔で行った。

ECの変動の一例として，昭和58年1月23日(日)から1月25日(火)の時間変動を図5に示す。降雨の影響かない場合は他の休日・平日の変動パターンも，この図と同様なパターンを示した。1月23日，24日，25日の一日（テータ数144）の変動の係数はそれぞれ3.5%，10%，8 6%であった。

休日の1月23日のEC値は低く，また変動も少ないが，平日の1月24日，25日のEC値は午前10時頃まで低値で変動も少ないが，午前10時頃から午後10時頃まで高くなっておりかつ，変動も大きい。

また，ECの周期性をみるために10分間隔のデータを用いて自己相関係数[5]を求めた。その結果を図6－(a)，(b)に示す。図6－(a)は，昭和57年12月25日から昭和58年1月13日までのデータ（データ数2880）を，図6－(b)は昭和57年12月25日から昭和58年4月30日までのデータ（データ数18,288）を用いて求めた結果である。
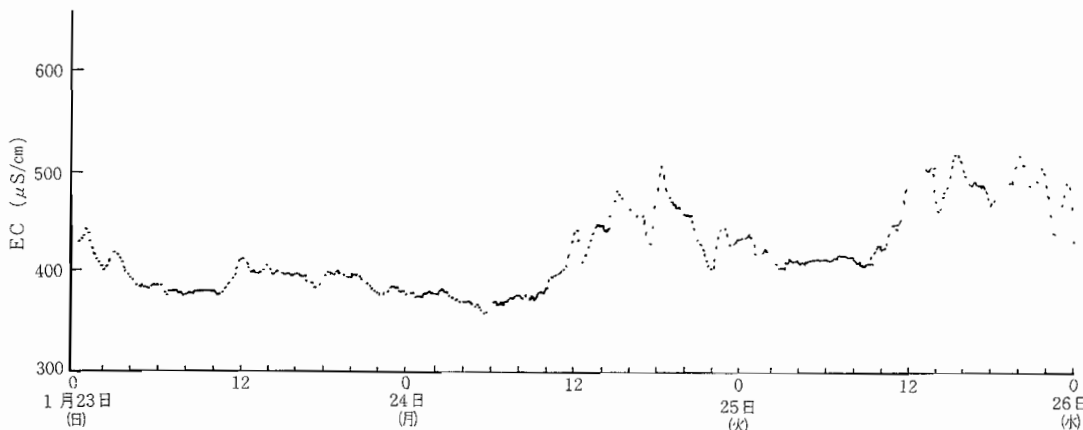
図5　入間川のECの変動の一例
期間：昭和58年1月23日(日)～1月25日(火)(10分間隔のテータを用いた。)
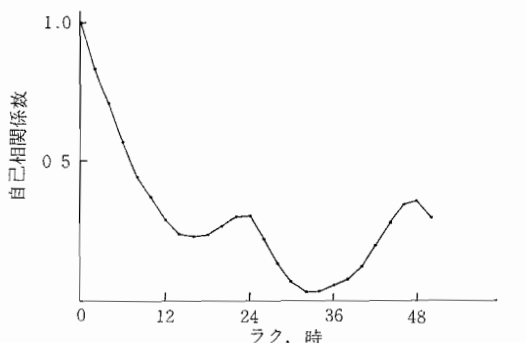
図6(a)　ECの自己相関係数　（昭和57年12月25日～昭和58年1月13日までの10分間隔のデータを用いた。）
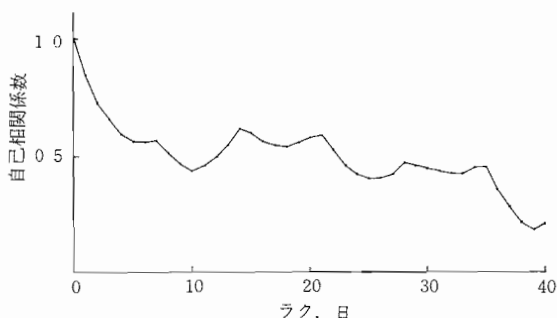
図6(b)　ECの自己相関係数　（昭和57年12月25日～昭和58年4月30日までの10分間隔のデータを用いた。）

図6—(a)から日周期，図6—(b)から週周期がみられる。ECの変動パターンや周期性，周辺水域調査の結果からみると共同排水の影響が強く現われているものと思われる。

5・2　他の測定項目の変動とECの挙動

監視室の他の7項目のうち，T－CN, Cr^{6+}モニターが応答した時のECの挙動について，pH，水温，濁度及びDOとともに考察する。

T－CN，Cr^{6+} モニターの応答した日数は，昭和58年4月から7月までの期間，それぞれ延べ6日間，18日間であった。

図7—(a)，(b)，(c)はそれぞれ6月5日，6月25日，6月15日の例である。

図7—(a)は矢印で示した午前2時にCr^{6+}モニターが応答した場合で，水温，pH，EC，DO，濁度は急激な変化を示していない。図7—(b)は午前1時にT－CNモニターが応答した場合で，前日午後22時30分ごろ，図中の1～5の5項目は急激に変化している。濁度は急激に増加し，DOは減少ののち増加し，ECは増加ののち減少し，そしてゆっくりと増大している。これらのことからこの変化は雨によるものと思われる。この降雨の後T－CNモニターが応答した。図7—(c)では矢印で示した午後8時にT－CNモニターが応答している。この場合，水温，濁度は大きな変化はなく，DOはゆっくりと減少し，ECは約1時間10分の周期で変化している。pHはT－CNモニターが応答した時刻にECと同様の変化が認められる。Cr^{6+}，T－CNモニターが応答した時に採水を行っていないので断定はできないが，上述の3例のうち図7—(a)，(b)はモニターの調子や検水の性状（にごりや妨害物質等）により，誤動作の可能性があるが，図7—(c)については，pHがT－CNモニター応答時刻に1回，ECとともに変化しているので，実際にシアンによりモニターが応答した可能性は否定できない。

また，Cr^{6+}モニターが応答した延べ18例はモニタ
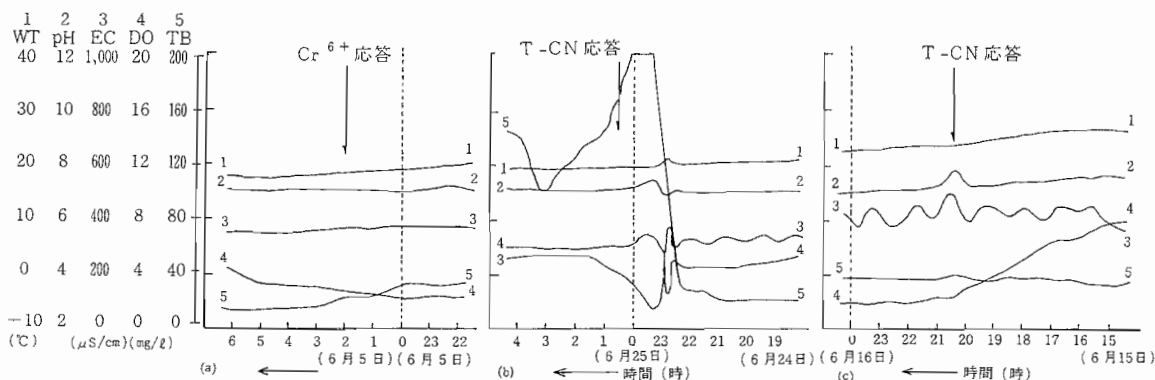
図7　Cr^{6+}，T－CNモニターが応答したときのEC等の挙動

曲線　1　水温(WT)　2　pH　3　EC　4　DO　5　濁度(TB)
(a) 6月5日　2時　Cr^{6+} モニター応答　(b) 6月25日　0時　T－CNモニター応答　(c) 6月15日　20時　T－CNモニター応答

ーの調子の悪い場合がほとんどであり，T－CNモニターについては主調整槽，検出槽の洗浄後応答した例が2日，降雨後に応答した例が1日，水温，pH，EC，DO及び濁度が変化しない時に応答した例が1日であった。

6　まとめ

(1) 電気伝導度モニターの精度は，塩化カリウム標準溶液で較正を行えば十分保たれる。

(2) 採水部のストレーナーから検水槽までの検水の送水時間は9～14分である。その時間は水中ポンプの調子やストレーナーの目づまり状態により変化する。

(3) 電気伝導度モニターの応答はあまり鋭敏ではない。その原因は検出器の検水の交換速度が遅いことであり，若干の工夫をすれば改善される．

(4) 監視室の周辺水域調査の結果から，川越・狭山工業団地共同排水か入間川に合流後約900 m下流で両者は均一に混合されることがわかった。また，COD，Cl^-，T－N，T－Pの負荷量は上流合流点の負荷量に比べて，それぞれ約60%，80%，82%，72%に減少した。

(5) 入間川の電気伝導度の挙動は共同排水の影響を受け午前10時頃から増加し，午後10時頃から減少する傾向があるが，休・祭日の変動は小さい。

(6) 入間川の電気伝導度の周期性は，日周期と週周期が認められた。

なお，電気伝導度モニターは他の項目とともに測定すれば，自動監視測定用として，有用と思われる。

おわりに，本研究に御協力いただいた埼玉県環境部水質保全課の方々，入間川水質監視室の保守・管理を行っている伊藤氏に深く感謝いたします。

文　献

1）埼玉県：公共用水域水質測定計画，　pp．1－8，(1982)

2）埼玉県環境部：埼玉県主要河川水質調査結果報告書，(1981)

3）シャープ㈱：水質自動監視装置取扱説明書 (1975)

4）シャープ㈱：電導率計取扱説明書 (1982)

5）市川　新：都市河川の環境科学，p．73，培風館，(1980)